



我国科学家在南海首次发现鲸落,这一独特生态系统有何科学意义?

深海鲸落:“大洋荒漠”中的生命绿洲与驿站

一鲸落,万物生。鲸落与深海热液、冷泉一样,是深海生命的绿洲,孕育着丰富多样的深海生命。近日,我国科学家乘坐“深海勇士”号载人深潜器,在南海1600米水深处,首次发现一座长约三米的鲸落。这是我国科学家第一次发现该类型的生态系统,对我国深海科学研究具有重要意义。

鲸落这一独特的海洋生态系统有何科学意义?中国科学院海洋研究所研究员徐奎栋在《10000个科学难题(海洋科学卷)》中作了详细解读。本版选取相关内容,带读者领略鲸鱼留给大海的最后温柔。

徐奎栋

当鲸鱼在海洋中死去,尸体最终会沉入海底,生物学家称这一过程为“鲸落”。在北太平洋深海中,至少有43个种类数以万计的生物体依靠鲸落生存。

鲸落犹如茫茫深海“大洋荒漠”中的绿洲,成为深海极端环境中生命进化和扩散的一个重要地理“驿站”。同时,鲸落还促进了海洋上层有机物向海洋中下层的运输,在海洋碳汇中发挥着不可忽视的作用。

深海探测

让海底鲸落不断现形

鲸是目前地球上体型最大的动物,除几种生活在淡水外,绝大部分种类栖息于海洋。鲸作为哺乳动物的一个目,包括须鲸和齿鲸两个亚目。须鲸的种类较少,但体型巨大,已知最小的种类体长也超过6米。最大的鲸是须鲸亚目的蓝鲸,长达33.5米,重达195吨,相当于35头大象的重量。齿鲸类的体形差异较大,最长的在20米以上。

鲸在水中是负浮力的,即身体的比重较海水大,因此当鲸死亡后,其庞大的身躯会一直沉落到半深海或深海海底,其尸体/残骸被称为“鲸落”。对于许多海洋生物来说,沉落到深海底的鲸落是供其享用很长一段时间的营养大餐,可为深海生物提供食物支持数十年,并在这里点亮一个局部化的复杂生态系统。而落到近海的鲸落,则会被那里的食腐动物在较短时间内消耗完毕。早在1854年,人们在漂浮的鲸脂上

发现了一种新的贻贝,自此开始意识到鲸落上有特异性的动物群落。上世纪60年代,人们在深海拖网时,又无意中发现了在鲸骨上附着着帽贝等新物种。

随着深海机器人技术的发展及探测技术的提高,深海鲸落的真正发现始于上世纪70年代末。1977年,美国海军在东太平洋的深海潜艇试航时,发现了一具已完全没有组织的完整鲸尸骨骼,基于骨骼的大小、牙齿的有无以及它所在的位置,认定这是一具死亡的灰鲸,这是鲸落首次被报道。

1987年,夏威夷大学海洋学家克雷格·史密斯领导的海洋生物团队利用“阿尔文号”载人深潜器,在卡塔利娜湾1240米深的海底发现了另一沉鲸生物群落。此后,越来越多的鲸落被深海研究者及海军所发现。这些发现均得益于可精密检测海底大型聚集物的侧扫声呐技术的应用。

鲸落生态群

延续数年的深海盛宴

深海鲸落上栖息的生物主要包括体型巨大的等足类、铠甲虾、龙虾、毛足虫、多毛类、食腐蠕虫、蟹、海参、盲鳗和睡鲨等。1998年,在东太平洋圣克鲁兹海盆约1750米的深海底,发现了一具重35吨、长13米,已死亡18个月的灰鲸骨骼,其中生活有盲鳗、成年的端足类,以及新栖居的蛤类幼体。

深海鲸落生物具有生物量大、丰度高、多样性高、特有种多等特点。那么,鲸落生物是怎么来的呢?或者说是如何形成和演变的?

2014年,史密斯等学者通过对一具沉降至美国加利福尼亚附近的圣克鲁兹海盆1674米海底、重达35吨的灰鲸的研究,找到了与鲸落生物群落的形成和演变相关的大量有价值的线索——当庞大的鲸尸抵达深海底时,会很快被盲鳗、睡鲨、深海蟹等生物发现。鲸鱼90%以上软组织会被它们吃掉,这顿“深海盛宴”一般可持续4至12个月。

当这些大型腐食者离去后,多毛类和甲壳类这些小型生物开始入驻,进行第二轮或第三轮取食。依靠这些食物残

渣,这顿取食可再延续两年,并在这里孕育一个丰富多样的鲸落生物群。

当只剩下鲸骨时,大量厌氧细菌就会进入鲸骨深处,分解其中的脂类,利用硫酸盐产生硫化氢,创造出类似于深海热泉口的富硫环境。硫化氢对大部分动物是有毒的,但化能合成细菌可利用其获得能量。某些生物依靠与这些细菌共生获得能量,另一些生物则直接以这些细菌为食。

有些种类的多毛类生物专门依靠鲸落或类似的生态系统存活,离开这样的生境就无法生存。例如,一类专吃骨头的多毛类噬骨蠕虫,最早在2002年发现于美国加利福尼亚外海的蒙特利海底峡谷中,此后也发现于瑞典、日本外海和南极。这些体长1厘米的噬骨蠕虫,很可能是鲸落生物群落形成过程的促进者。它们没有眼和口,幼体没有消化道,在大洋中营浮游生活,随后形成类似小树的辅助器来吸收氧气。它们有一套特殊的根状结构,可以伸入鲸骨内,这些根状结构上有共生细菌,可以帮助分解鲸骨内的蛋白,为蠕虫提供营养。蠕虫成熟后,释放卵并开始一个新的过程。

2020年3月18日,中山大学海洋科学学院副教授谢伟乘坐“深海勇士”号载人深潜器,在南海1600米水深处,首次发现一具长约三米的鲸落。此次发现的鲸落处于南海中部海山上,根据其形态特征,初步估计为一头齿鲸的尸体,初步被认为是鲸须鲸。

鲸落被认为是维持深海生命和生态的驱动性食物来源,鲸鱼尸体分解的不同阶段支持着从大鲨鱼到微小细菌等生物群落的演替。该鲸落附近有数十只白色铠甲甲虾、红虾、蠕虫以及数只鳗

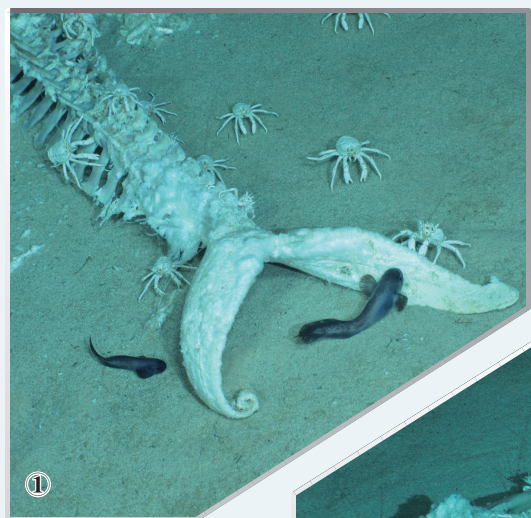
南海鲸落现形记

国际上对鲸落的研究始于1987年,随后科学家们逐渐揭开了这一独特生态系统之谜。近年来,随着全球气候的变化及人类活动的影响,海洋中鲸类的数目在急剧减少,鲸落也变得稀少,其对深海生命和生态过程以及海洋有机碳循环的长远影响,是目前海洋科学家们关心的国际前沿问题之一,而我国在此领域的研究尚处于起步阶段。

此次发现是在“西太平洋典型海山生态系统的关键过程及驱动机制”项目的资助下,由中山大学海洋科学学院殷克东教授牵头的南方海洋科学与工程广东省实验室(珠海)“深海生命与生态过程”创新团队完成的,谢伟即为该团队成员。(曾瑛)

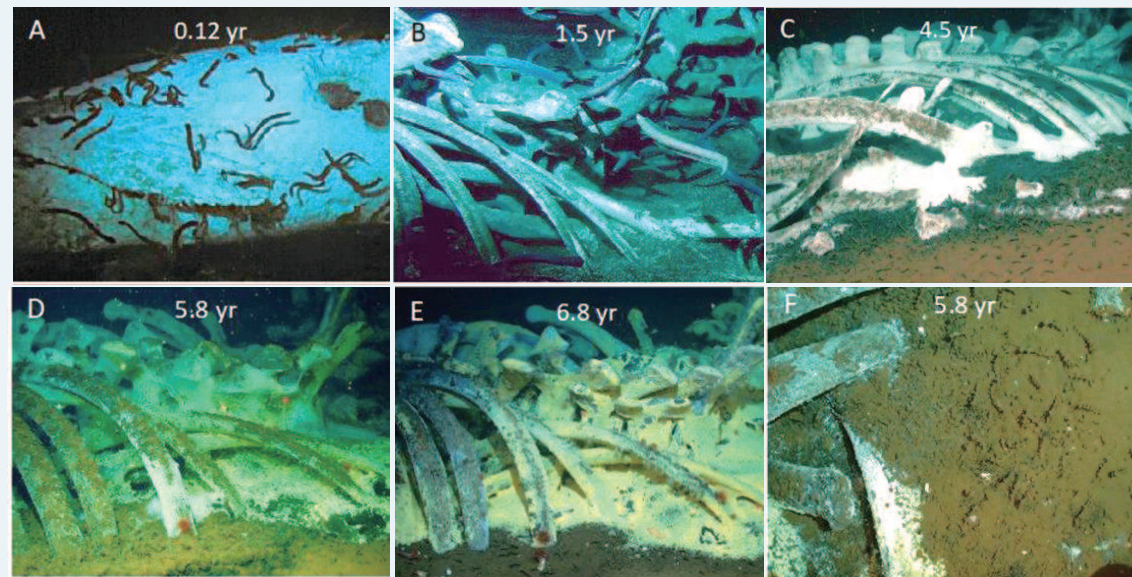
得稀少,其对深海生命和生态过程以及海洋有机碳循环的长远影响,是目前海洋科学家们关心的国际前沿问题之一,而我国在此领域的研究尚处于起步阶段。

此次发现是在“西太平洋典型海山生态系统的关键过程及驱动机制”项目的资助下,由中山大学海洋科学学院殷克东教授牵头的南方海洋科学与工程广东省实验室(珠海)“深海生命与生态过程”创新团队完成的,谢伟即为该团队成员。(曾瑛)



图①②:在南海中部海山1600米的山腰处发现的鲸落。“深海勇士”号拍摄。

谢伟供图
图③:鲸骨的甲壳类和蠕虫等小型生物取食者。
资料照片



左图:一具35吨重的灰鲸于1998年沉至1674m海底后的群落演替。

- A. 0.12年后,大量盲鳗在取食保存尚完整的鲸落。
- B. 1.5年后,鲸的软组织已被大量消耗,仍可见一些盲鳗。
- C. 4.5年后,鲸骨上有厚厚的白色硫酸化菌席,黑斑为多毛类双带虫科的管和噬骨蠕虫的洞穴,双带虫的管在鲸骨内数量很大。
- D. 5.8年后,鲸骨持续被硫酸化菌、双带虫的管和噬骨蠕虫形成的斑块所覆盖,附近沉积物中可见双带虫的管和黑色硫化物斑。
- E. 6.8年后,鲸骨仍大部分完整,外覆黄色硫酸化菌席,菌席已扩展至附近沉积物,肋骨附近可见巨蛤、壳蟹、多毛类等生物。
- F. 5.8年后肋骨附近沉积物中双带虫的泥管数量丰富,白点是巨蛤的壳。

题图:视觉中国

密布海底

“大洋荒漠”中的营养绿洲

相较于近海,深海的营养物质十分贫瘠。深海底的生物除一类特殊的可依靠化能合成的冷泉或热泉生物外,主要依赖于上层海水输送来的物质。从海面缓慢飘下来的生物碎屑(又称“海雪”)是深海底生物的“天降甘霖”,而

偶然落下的庞大动物身躯,则是它们在“大洋荒漠”之中的绿洲。

每年,全球大部分深海沉积物获得经由上层海洋颗粒输送的有机碳通量约为2-10克,而一具沉落洋底的30吨重的巨鲸,在深海底覆盖面积约100

平方米,其有机碳通量相当于同一水柱超过1000年的“海洋雪花”的总和。而且鲸骨体型巨大,富含脂类,分解又十分缓慢,一头大型鲸落可以维持这样一个绿洲和里面上百种无脊椎动物生活长达几十年甚至上百年。在体型庞大的鲸诞生之前,那些巨大的海洋鱼类和爬行动物也许就部分担当了深海绿洲的重任,而数千万年前鲸的到来,让深海底焕发的新生更加灿烂。

鲸大多都是大洋性洄游种类。估计

在某个时期,全球海底可能隐藏着超过85万具鲸落。据史密斯等估计,即使如今鲸的数量已逐渐减少,海底可能仍保存着全球个体最大的9种鲸类的约6.9万具鲸落,而且绝大多数都在深海底。据此测算,在深海底,平均每12千米就会有一座鲸落,而在鲸鱼迁徙的路线上,每5千米就可能就有一座。有研究者估计,在灰鲸的迁徙路线上,平均每年每8000平方公里就有至少一头灰鲸落入海底;两个鲸落之间的平均距离不到10千米。

深海“驿站”

海底生命进化的宝贵跳板

鲸落生物群落的发现,为解答长期以来困扰科学家们一个问题提供了关键线索,即深海热泉(又称热液)等特殊生境的生物群落是如何在广袤深海扩散的。

深海热泉又称“黑烟田”,其主要成分是硫化物,生物群落依赖于硫酸化菌作为初级生产者而产生能量,这是完全不依赖于太阳能的独特生态系统,孕育出了独特的生物群落。在这里,“万物生长靠太阳”这一规律不再适用,维

持生态系统运转的能量来自细菌的化能合成作用。

深海热泉生物群落可持续几年到几十年,但一旦喷口停止喷发可用于化能合成的物质,生物群落就会随之消亡。这些喷口形成的生物群落一般较小,群落直径一般仅数十米。而且,这些特殊生境之间大都相距甚远,有些达数千公里之遥,生物代谢的模式又太专一,离开这些特殊生境就难以存活。对于深海底的大型底栖生物而言,它们虽可通

过幼虫进行扩散,但幼虫必须在有限时间内找到合适的生境才能生存下来,而遥远的距离无疑是其生命延续和扩散的一个重大障碍。

鲸落犹如茫茫深海“大洋荒漠”中的绿洲,成为了海底生物扩散的宝贵跳板,同时也是深海极端环境中生命进化和扩散的一个重要地理“驿站”。

据史密斯等研究发现,在鲸落周边沉积物中出现的100个大型生物中,仅10个数量占优势的物种为鲸落所独有,6个种与冷泉生物共有,5个种与热泉生物共有,12个种与附近的海藻和沉积物共有。

在较高生物分类阶元的组成上,热液喷口和冷液喷口等生物群落与鲸落生物相似。科学家们猜想,鲸落的存在营造了

一个类似热泉或冷泉的生境,为深海化能合成生态系统中的大型底栖生物幼虫的成功着生提供了“踏脚石”,从而使幼虫从一个地方扩散到另一个地方。

然而,鲸落和热泉口及冷液喷口的生物仅在科及以上的生物分类阶元组成上相似,在科以下阶元的组成上明显不同。例如,热泉生物群落中常见且占优势的大型管栖蠕虫——多毛类的海沟虫却未在鲸落中出现,在鲸落中取而代之的是多毛类的噬骨蠕虫。因此,“踏脚石假说”难以完全解释深海热泉等极端生物是如何扩散的。

对鲸落生物群落的深入研究与探索,无论是对于特殊生境中生命的发现,还是对于认识深海底生物的地理分布及进化等均具有十分重要的意义。



在南海首次发现鲸落的“深海勇士”号深潜器。
谢伟摄